

РСТ

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро



МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

<p>(51) Международная классификация изобретения⁶: H04N 7/28, 7/50</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Номер международной публикации: WO 97/05747 (43) Дата международной публикации: 13 февраля 1997 (13.02.97)</p>
<p>(21) Номер международной заявки: PCT/RU96/00243 (22) Дата международной подачи: 31 июля 1996 (31.07.96) (30) Данные о приоритете: 95112554 2 августа 1995 (02.08.95) RU (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): R-AMTECH INTERNATIONAL, INC. [US/US]; Suite 210, 2101-12th Avenue N.E., Bellevue, WA 98004 (US). (72) Изобретатели; и (75) Изобретатели / Заявители (только для US): МАЛЫШЕВ Игорь Александрович [RU/RU]; 191040 Санкт-Петербург, ул. Пушкинская, д. 8, кв. 28 (RU) [MALYSHEV, Igor Alexandrovich, St.Petersburg (RU)]. ДАНИЛОВ Евгений Петрович [RU/RU]; 192238 Санкт-Петербург, пр. Славы, д. 38, корп. 1, кв. 226 (RU) [DANILOV, Evgeny Petrovich, St.Petersburg (RU)].</p>		<p>(74) Агент: БАТОВСКАЯ Тамара Игнатьевна; 123007 Москва, а/я 78 (RU) [BATOVSKAYA, Tamara Ignatievna, Moscow (RU)]. (81) Указанные государства: DE, JP, KR, US европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Опубликована С отчетом о международном поиске.</p>
<p>(54) Title: METHOD OF CODING AND DECODING IMAGES AND A DEVICE FOR CARRYING OUT THE METHOD (54) Название изобретения: СПОСОБ КОДИРОВАНИЯ - ДЕКОДИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ (57) Abstract The proposed invention concerns a method of coding and decoding images and a device for carrying out the method. The proposed method and device are intended for use in coding and decoding digital images with the aim of achieving multiple compression of the images without loss of fine detail from the compressed images or other significant information contained in them. The specific method used is that of adaptive vector quantization. Use of the conveyor principle for processing incoming data combine with partially parallel processing makes it possible to code or decode on a time scale close to that of a television scan. The invention pertains to digital signal processing. The main areas of application of the invention can benefit from a significant reduction in the volume of video data as a result of the coding, and include the following: real-time transmission of video data from air- or spacecraft on-board instruments to ground stations using narrow-band channels; transmission of video data in computer communications networks using existing narrow-band and telephonic communications channels; economic archiving of aerial, space, medical, criminal and other video data; archiving and storage of large volumes of computer copies of printed and manuscript documents; archiving of complete patent and legal documents, plans and drawings and bank documents; high-speed transmission of large volumes of data between data storage systems and computer video terminals; compression and reproduction of large professional colour images used for the preparation of printed publications; the creation of computer games and video films, interactive educational and entertainment video programmes (CD-IC, D-R); and other applications in science and technology.</p> <div data-bbox="938 1171 1203 1633" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="1166 1556 1414 1990" data-label="Diagram"> </div>		

Предлагаемое изобретение "Способ кодирования-декодирования изображений и устройство для его реализации" описывает способ и устройство, предназначенные для обеспечения кодирования-декодирования представленных в цифровой форме изображений с целью осуществления их многократного сжатия, не сопровождающегося потерей мелких деталей сжимаемых изображений и другой, содержащейся в них значимой информации. В качестве конкретного метода кодирования используется метод адаптивного квантования векторов. Применение конвейерного принципа обработки поступающей информации в сочетании с частичным распараллеливанием вычислений позволяет достигать масштаба времени, близкого к телевизионной развертке при выполнении операций кодирования или декодирования информации. Изобретение относится к области цифровой обработки сигналов. Основные сферы применения данного изобретения связаны с существенным сокращением объема видеoinформации, достигаемым в результате кодирования, и охватывают передачу аэрокосмической видеoinформации с борта летательного аппарата на Землю по узкополосным каналам связи в р.м.в., передачу видеoinформации в сетях компьютерной связи, по существующим узкополосным и телефонным каналам связи, экономичную архивацию аэрокосмической, медицинской, криминалистической и прочей видеoinформации, архивацию и хранение больших объемов компьютерных копий печатной и рукописной документации, архивацию патентных и юридических документов в полном объеме, чертежей, банковской документации, скоростную передачу больших массивов данных между накопителями информации и видеотерминалами ЭВМ, сжатие и восстановление больших профессиональных цветных изображений, используемых при подготовке печатных изданий, создание компьютерных игр и видеофильмов, интерактивных обучающих и развлекательных видеопрограмм (CD-I, CD-R) и другие приложения науки и техники.

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KR	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Мадагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

СПОСОБ КОДИРОВАНИЯ-ДЕКОДИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Область техники

- Предлагаемое изобретение относится к области обработки сигналов изображений и может быть использовано, в частности, для кодирования изображений в реальном масштабе времени (р.м.в.) с последующим восстановлением (декодированием) изображения до исходного состояния с сохранением его мелких деталей, особенностей и другой, содержащейся в исходном изображении значимой информации.
- Процесс кодирования-декодирования изображений может быть использован:
- при передаче аэрокосмической видеоинформации с борта летательного аппарата на Землю по узкополосным каналам связи в р.м.в.;
 - при передаче видеоинформации в сетях компьютерной связи, по существующим узкополосным и телефонным каналам связи;
 - для экономичной архивации аэрокосмической, медицинской, криминалистической и прочей видеоинформации;
 - для архивации и хранения больших объемов компьютерных копий печатной и рукописной документации, архивации патентных и юридических документов в полном объеме, чертежей, банковской документации;
 - для скоростной передачи больших массивов данных между накопителями информации и видеотерминалами ЭВМ;
 - при сжатии и восстановлении больших профессиональных цветных изображений, используемых при подготовке печатных изданий;
 - для создания компьютерных игр и видеофильмов, интерактивных обучающих и развлекательных видеопрограмм (CD-I, CD-R) и в других приложениях науки и техники.

Предшествующий уровень техники

- Известен ряд способов "сжатия-восстановления" изображений. Так например, адаптивная дифференциальная кодоимпульсная модуляция и методы кодирования с предсказанием [1] обеспечивают простую аппаратную реализацию системы для работы в реальном масштабе времени. Этот метод обеспечивает сжатие в 4-5 раз, но качество восстановления изображения существенно зависит (снижается) от уровня шумов в каналах связи.
- Методы сжатия, основанные на ортогональных преобразованиях таких, как преобразование Фурье, Адамара, Каррунена [1] и др., устойчивы к импульсным и высокочастотным помехам в каналах связи. Однако, сжатие с хорошим качеством посредством этих методов достигается только для простых изображений, не содержащих большого количества мелких деталей.
- Для повышения качества восстанавливаемых изображений, сжатых с применением ортогональных преобразований, используется блочное кодирование [1]. В этом случае сжатию подвергается не все изображение сразу, а его части или блоки, на которые оно разбивается, содержащие определенное количество пикселей. Такой способ широко используется при кодировании телевизионных изображений в коммерческих системах видеозаписи и телевизионного вещания, а также при создании компьютерных видеофильмов и положен в основу применяемых во многих странах стандартов сжатия изображений JPEG [2] и MPEG.

Метод JPEG является наиболее распространенным методом сжатия и представляет собой следующую последовательность операций:

- прием изображений в цифровой форме и их буферизация;
- дискретное косинусное преобразование (ДКП), при котором изображение разбивается на блоки и каждый блок подвергается упомянутой операции. Эта операция требует большой вычислительной мощности, причем потери информации при этом не происходит. ДКП представляет собой разновидность преобразования Фурье, имеет обратное преобразование. Смысл этой операции заключается в переходе от пространственного представления изображений к его спектральному представлению и наоборот. Отсекая наиболее высокочастотные элементы преобразованного изображения, можно в ту или иную сторону, в зависимости от количества оставленных гармоник, выбирать между качеством восстановленного изображения и степенью сжатия. Таким образом, ДКП преобразует матрицу, представляющую исходное изображение, в совокупности матриц частотных коэффициентов. Высокочастотные элементы этих матриц могут быть отброшены без особых потерь для качества при визуальном анализе изображения. Время, необходимое для вычисления каждого элемента матрицы ДКП, сильно зависит от ее размера. JPEG рекомендует использовать элементарные матрицы размером 8x8 элементов;
- квантование. После операции ДКП каждый блок изображения подвергается операции квантования, то есть делится с последующим округлением на соответствующий элемент специальной матрицы квантования. Здесь происходит основная потеря информации за счет округления, при котором результат деления округляется до ближайшего целого с установленным числом двоичных разрядов. Матрица, полученная после квантования, в области высоких частот обычно оказывается заполненной нулями;
- далее производится RLE-кодирование полученных матриц (кодирование повторов), при котором кодируются оставшиеся частотные коэффициенты. Коэффициенты каждой матрицы обходятся при этом зигзагообразно, нулевые промежутки кодируются также посредством стандартной программы RLE. Далее информация со всех блоков формируется в единый поток;
- кодирование "энтропии". Поток, полученный при RLE-кодировании подвергается стандартному методу сжатия по Хаффмену или арифметическому кодированию;
- декодирование происходит в строго обратном порядке, то есть после декодирования по Хаффмену следует декодирование по программе RLE, затем восстановление матрицы ДКП посредством обратного ДКП, наконец, сборка изображения из восстановленных блоков.

Применение рассмотренного метода в зависимости от сложности обрабатываемого изображения позволяет достигать коэффициентов сжатия от 10 до 60. Однако, при больших коэффициентах сжатия на восстановленном изображении начинают проступать границы блоков пикселей [1], а само по себе восстановленное изображение будет при этом состоять из большого числа легко различимых пятен, что делает, например, просмотр видеофильмов с использованием данного метода сжатия утомительным для зрения. Происходит потеря мелкой структуры обрабатываемого изображения, поэтому оказывается затруднительным использовать этот подход для сжатия

изображений, содержащих большое количество деталей, например, аэрокосмоизображений.

Альтернативой методам блочного кодирования с использованием ортогонального преобразования является сжатие изображений посредством адаптивного квантования векторов (АКВ) [3]. В этом случае изображение также делится на блоки и набор пикселей в блоке описывается вектором. Адаптивное квантование векторов обеспечивает кодирование взаимных характеристик пикселей в кодирующем блоке, поэтому восстановленное изображение после такого кодирования сохраняет мелкие детали при достаточно большом сжатии (до 16 раз и более).

Классический метод АКВ базируется на предварительном построении кодовых таблиц (кодовых книг, кодовых библиотек, библиотек эталонов) на основе процесса обучения (адаптации) кодированию конкретных классов изображений. При этом используемые библиотеки не сохраняют топологию кодируемых данных, что приводит к большим ошибкам при декодировании, вызываемым малыми ошибками в кодируемых данных, возникающими, например, при передаче по каналам связи.

Рассмотренные выше аналоги достаточно эффективны в своих областях. Однако, ни один из них не обеспечивает работы в достаточно широкой сфере практических приложений. К такой сфере в настоящее время следует отнести такие области применения сжатия изображения, где необходимо сочетание преимуществ всех перечисленных методов и, прежде всего, в отношении передачи восстановленных изображений в реальном масштабе времени по существующим узкополосным каналам связи:

- Передача сжатых изображений по каналам связи. Эта область становится особенно актуальной в последние годы, когда расширяется применение космических средств визуального наблюдения и возникает необходимость передавать большие массивы видеоинформации по каналам космической связи с ограниченной пропускной способностью в темпе работы высокоскоростных космических видеодатчиков.

- Локальные и глобальные компьютерные информационные сети. Связь между компьютерами внутри таких сетей часто реализуется по существующим узкополосным, в том числе, и телефонным линиям связи и поэтому применение систем "сжатие-восстановление" облегчает передачу больших массивов видеоданных внутри таких сетей.

- Вычислительные комплексы обработки изображений имеют узким местом передачу видеоданных от накопителей ЭВМ к графическим видеотерминалам. Такие передачи обычно осуществляются по стандартным цифровым каналам связи, имеющим достаточно узкую полосу пропускания. Поэтому применение эффективного сжатия и восстановления видеоданных повышает скорость анализа изображений в таких вычислительных системах.

- Отдельную проблему представляет собой архивация больших массивов вычислительных данных, представленных в цифровой форме. Это может быть банк космических видеоданных, банк медицинских снимков, криминалистических видеоданных и др. Применение эффективного "сжатия-восстановления" хранимых изображений позволяет на 1,5-2 порядка сократить требуемые размеры ресурсов памяти таких вычислительных систем.

Наиболее близко всем перечисленным требованиям удовлетворяют два последних рассмотренных метода: JPEG и АКВ. Сравнение этих методов

показало, что JPEG имеет достаточно хорошее качество восстановленных изображений при коэффициенте сжатия до 15, но после 10 начинается исчезновение мелких деталей. Метод АКВ дает результаты, сопоставимые с JPEG, но при коэффициентах сжатия порядка 10 сохраняет мелкие детали. При больших коэффициентах сжатия метод АКВ показывает результаты лучшие, чем у JPEG, поэтому он и принимается за прототип способа.

Метод АКВ имеет те же недостатки, что и аналоги, и прежде всего влияние шумов в канале связи. Кроме того, процедура сопоставления с эталоном в процессе векторного квантования является вычислительно трудоемкой задачей, в связи с чем реализация устройств кодирования по методу АКВ требует создания высокопроизводительных архитектур вычислителей.

Известно техническое решение по патенту США No.5010401 [4] "Устройство кодирования и декодирования с использованием векторного квантования", содержащее блок кодирования и декодирования.

Блок кодирования содержит блок оперативной памяти для записи кадра последовательности видеосигнала. Преобразователь растр/блок разбивает входной сигнал на блоки по K-отсчетов в каждом (K-целое, положительное) для получения блока входных данных. Схема вычитания формирует блоки межкадровой разности. Схема поблочного кодирования кодирует блоки межкадровой разности в качестве значимых блоков. Буфер передачи данных преобразует информацию в кодовое слово и хранит его в памяти в течение фиксированного времени.

Архитектура вычислителя [5], реализующая метод кодирования с помощью адаптивного квантования векторов принята за прототип устройства и включает в себя следующие основные элементы: буферное оперативное запоминающее устройство, блок вычитания, квадратор и накопитель для подсчета евклидова расстояния между блоком изображения и блоком эталона, а также блок управления выборки эталонов, который подключается к блоку оперативной памяти хранения библиотеки эталонов. При реализации декодирования структура вычислителя включает в себя следующие основные элементы: блок буферной оперативной памяти для хранения поступающих элементов кодированного изображения, блок вычисления адреса эталонного вектора, блок формирования изображения, оперативную память для хранения библиотеки эталонов.

Проблема, возникающая при разработке методов сжатия-восстановления изображений, заключается в необходимости передачи мелких деталей в р.м.в. Следует отметить, что при этом необходимо передавать большое количество информации, не теряя в точности и в масштабе времени, то есть необходима оптимизация параметров системы.

Раскрытие изобретения

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей способа и устройства-прототипа в отношении скорости обработки посредством специализированной конвейеризации вычислений и модификация его с тем, чтобы он сохранял топологию кодированных данных подобно нейронным сетям Кохонена [6].

Для реализации этого предлагается процесс обучения, который сохраняет указанную топологию, то есть близкие по содержанию векторы имеют близкие значения номеров в кодовой библиотеке, и протекает следующим

образом. Исходное изображение разбивается на блоки пикселей определенного размера $k \times L$, каждый из которых интерпретируется как вектор в $n = k \times L$ -мерном пространстве. Необходимо методом адаптивной кластеризации разделить данное пространство на "m" кластеров таким образом, чтобы плотность расположения кластеров соответствовала плотности распределения вероятности в указанном векторном пространстве. Перед началом адаптивной кластеризации назначаются центры указанных "m" кластеров и некоторым упорядоченным образом размещаются в этом векторном пространстве. Затем на основании анализа выборки обучающих данных (n-мерных векторов, то есть всех блоков пикселей кодируемого изображения) производится адаптация положения этих центров к статистическим свойствам кодируемых данных. При этом для каждого из предъявленных векторов определяется отклонение от центров упомянутых кластеров по критерию минимума эвклидова расстояния. Для каждого из кластеров новые положения центра вычисляются как среднее по всем попавшим в кластер векторам, пустые кластеры ликвидируются и новые кластеры с данным номером создаются с новым пространственным положением путем разбиения надвое самого большого из оставшихся кластеров. Одной из половин при этом приписывается новый номер. В качестве центра этих двух новых кластеров берется центр материнского, к исходным координатам которого прибавлены два небольших случайных n-мерных противоположно направленных вектора (таким образом разносятся в пространстве центры вновь созданных кластеров). Важным моментом при этом оказывается сохранение принятого ранее порядка расположения кластеров в получаемой кодовой библиотеке, поэтому после образования нового кластера происходит их переупорядочивание с целью сохранения установленного порядка. После этого обучающая выборка векторов вновь предъявляется для кластеризации и этот процесс повторяется до выполнения критерия его завершения, например, до момента, когда изменения координаты центров кластеров не станут по модулю меньше заданного порога. Так же, как для устойчивого обучения нейронных сетей Кохонена, исходное положение кластеров должно быть специальным образом упорядочено так, чтобы по мере нарастания порядкового номера кластера значения пространственных координат его центра изменялись монотонно. Для этого исходные центры кластеров были расставлены по одной из диагоналей n-мерного векторного пространства, а номера кластеров менялись вдоль диагонали монотонно. Далее, в ходе описанного выше процесса адаптации положения центров кластеров исходная топология их расположения искажается, кластеры с соседними номерами могут оказываться в разных углах квантуемого векторного пространства. Чтобы этого не происходило, после ликвидации каждого пустого кластера и его открытия, вблизи наибольшего из оставшихся производится переназначение номеров всех кластеров следующим образом. Вновь открываемому кластеру дается номер, соседний с номером кластера, подлежащего разбиению, при этом предыдущие или последующие номера кластеров (в зависимости от того, был ли номер ликвидированного кластера больше или меньше номера разбиваемого) сдвигаются на единицу так, чтобы номер вставляемого кластера образовал вместе с номерами уже существующих непрерывную монотонную последовательность и чтобы освободившийся номер ликвидированного кластера был приписан к одному из оставшихся непустых.

В процессе кодирования, путем определения наименьшего эвклидова расстояния между текущим вектором и эталонным, каждому кодируемому блоку пикселей изображения ставится в соответствие "ближайший к нему" эталонный вектор из таблицы кодирования, то есть 16-компонентный входной вектор заменяется однокомпонентным номером эталонного вектора. Таким образом, осуществляется 16-кратное сжатие изображения, причем фактически оно происходит за счет сокращения статистической избыточности видеоданных вследствие соответствующего "обучения" таблицы эталонных кодовых векторов.

После передачи по каналу связи или "архивации" сжатое изображение может быть декодировано. При этом значение каждого пиксела декодируемого изображения является адресом входа в таблицу декодирования, в которой хранятся соответствующие значения эталонных векторов, такие же, как в таблице кодирования, то есть номер эталонного вектора заменяется при декодировании блоком 4x4 пиксела.

Следует отметить, что данный способ имеет малую чувствительность к несоответствию кодируемых изображений и изображений, на которые обучались таблицы кодирования, поэтому записанные однажды таблицы кодирования пригодны для сжатия широкого класса изображений, например, класс космоизображений, портреты и др.). Формирование таблиц кодирования и таблиц эталонных векторов осуществляется в стационарных условиях с применением ЭВМ или действующей нейросети. Затем они закладываются в ПЗУ процессов сжатия-восстановления и используются при штатной эксплуатации. При необходимости может быть произведена замена класса кодируемых изображений путем замены ПЗУ, либо возможна организация применения многих таблиц кодирования при использовании более узких классов кодируемых изображений.

Таким образом, предлагаемый способ устраняет недостатки и существенно расширяет функциональные возможности классического метода АКВ. Это достигается использованным для сжатия принципом нейронных сетей Кохонена и созданием на их основе библиотеки эталонов, сохраняющей топологию кодируемых данных, что делает предлагаемый метод устойчивым по отношению к широкому классу изображений посредством:

- нахождения в процессе кодирования посредством определения минимального эвклидова расстояния для каждого блока изображения ближайшего к нему из библиотеки эталонов.

- замены многокомпонентного входного вектора изображения однокомпонентным номером эталонного вектора.

- восстановления исходного вектора после передачи закодированного изображения по номеру эталонного вектора. содержание блока которого вызывается из библиотеки эталонов.

- способ обладает более высокой скоростью декодирования по отношению к описанным аналогам, что делает его удобным при воспроизведении движущихся изображений.

Другой важной отличительной особенностью предлагаемого способа сжатия является использование режима псевдоплавающей точки при хранении и применении библиотек эталонов. Дело в том, что как показали исследования, при подготовке кодовых библиотек любым из применяемых способов наилучшие результаты по качеству восстановленных после сжатия изображений достигаются в том случае, когда значения векторов библиотеки

рассчитываются и используются в формате с плавающей точкой. Однако, это очень неэффективно с вычислительной точки зрения при реализации процедуры кодирования. В данном изобретении предлагается использовать при кодировании библиотеку, подготовленную в режиме с плавающей точкой.

5 Затем полученные значения векторов умножаются на 64 и округляются до ближайшего целого. При этом, во-первых, используются двухбайтовые числа с 14 значащими разрядами, которые хорошо эмулируют режим работы с плавающей точкой. Во-вторых, двух оставшихся разрядов (недостающих до двух байт) достаточно, чтобы при расчете минимального эвклидова

10 расстояния в процессе кодирования сумма квадрата разностей векторов (эталонного и кодируемого) не превышала двух байт, что обеспечивает удобную программную и аппаратную реализацию алгоритма.

В-третьих, при вычислениях используется только целочисленная арифметика. Естественно, что при выполнении кодирования значения векторов

15 изображения сдвигаются предварительно на 6 разрядов

На фиг.1 представлена функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый способ кодирования-декодирования изображений.

Блок (X-Xэ) - реализует получение разности между текущим значением пиксела блока изображения и соответствующим элементом эталона.

20 Блок $(X-Xэ)^2$ - реализует получение квадрата результата предыдущего блока и осуществляет накопление результата в сумматоре.

Блок Σ (сумматора) - каждый ряд сумматоров реализует за такт получение суммы, выполняя накопление величины эвклидова расстояния, выбирает блок эталона, имеющий среди всех наименьшее значение этого

25 расстояния для текущего блока изображения и выдает на выход номер выбранного блока из библиотеки эталонов в качестве кода блока кодируемого изображения.

Схема работает следующим образом. Входное изображение в виде цифровой выборки входных данных поступает из входного регистра (1) кодера (10) в промежуточные оперативные запоминающие устройства ОЗУ1 (2) и ОЗУ2 (3) элементов изображения на 4 строки каждое с целью бесперебойного обеспечения информацией последующих блоков. Далее данные посредством коммутатора (4) поступают на решающий элемент (5), где производится вычисление разности между текущим значением пиксела

35 блока изображения и соответствующим элементом эталона $(X-Xэ)$, где X - значение сигнала, пропорциональное яркости отдельного пиксела данного изображения, а Xэ - значение яркости пиксела эталона, поступающие из оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) библиотеки эталонов (6). С выхода (5) сигналы поступают на блок (7), реализующий операцию $(X-Xэ)^2$

40 параллельно с 4-х строк (с 1 по 4 отсчеты). Через 20 нсек на решающие элементы поступают вторые четыре отсчета (с 5 по 8). Решающие элементы $(X-Xэ)$ в своем составе имеют регистры результата, поэтому результаты вычислений на дальнейшую обработку поступают одновременно по восьми каналам. Так как размер кодируемого блока составляет 4x4, то получение квадрата разности для всего вектора осуществляется за два прохода, при этом

45 считываются следующие восемь (2×4) отсчетов из буфера. Процедура повторяется и в решающих элементах $(X-Xэ)^2$ происходит накопление сумм. Полученные восемь сумм передаются в блок суммирования (8), где они дважды попарно складываются для получения общей суммы, результат

50 запоминается в блоке управления и выборки (9) и используется в дальнейшем

для выбора минимального значения, то есть выбора соответствующего вектора в библиотеке эталонов для кодирования. Далее процедура повторяется для данного блока кодируемого изображения и очередного блока из оперативной памяти библиотеки эталонов до тех пор, пока не будет
5 обработана требуемая часть библиотеки и не будет выбран код данного блока изображения. Таким образом, архитектура строится по конвейерному принципу с применением внутри узлов распараллеливания обработки. Такт конвейерной структуры определяется наибольшим временем обработки данных в одном из узлов конвейера. Наибольшее время составляет 60 нсек в
10 решающем элементе (X-Xэ) из-за двойного обращения к ОЗУ. Таким образом, обработка одного вектора при просмотре библиотеки занимает 120 нсек. Обработка 30 блоков библиотеки занимает 3600 нсек, то есть время, расходуемое на один пиксел изображения при кодировании, составляет в этом случае 225 нсек. На основе
15 определения наиболее близких векторов из оперативной памяти библиотеки эталонов формируется кодированная строка изображения. Входной регистр (12) блока декодирования (11) обеспечивает связь с шиной, откуда поступает информация в виде кодированного изображения. Строка кодированного изображения поступает в буферную память ОЗУ1 (13) и ОЗУ2 (14), которые
20 обеспечивают постоянный прием и выдачу данных. Через коммутатор (15) данные из одного ОЗУ направляются в блок генерации физического адреса эталона в памяти (16), где номер вектора из библиотеки эталона преобразуется в начальный адрес расположения эталона в пространстве ОЗУ библиотеки эталонов. Начальный адрес эталона поступает в блок
25 формирования и счетчик адреса эталонной памяти (17). После считывания одной строки эталонного блока в устройство формирования адреса поступает начальный адрес следующего вектора и происходит считывание строки эталонного блока по этому адресу (18) и т.д. Считанная информация направляется из ОЗУ библиотеки эталонов (18) на выходной регистр (19) и
30 далее на формирование строки выходного изображения.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 приведена функциональная схема устройства для реализации предлагаемого способа кодирования и декодирования изображений. Устройство содержит: кодер 10, включающий регистр выбора входных
35 данных, первый и второй блоки оперативной памяти 2 и 3, первый коммутатор 4, блок вычитания 5, блок оперативной памяти библиотеки эталонов 6, квадратор 7, блок накопителей 8, блок управления и выборки 9; декодер 11, включающий входной регистр 12, первый и второй блоки оперативной памяти 13 и 14, коммутатор 15, блок генерации адреса эталона
40 16, блок формирования и счетчик адреса эталонной памяти 17, блок оперативной памяти библиотеки эталонов 18, выходной регистр 19.

Вариант осуществления изобретения

Блок кодирования реализуется с использованием следующих элементов: входной регистр, коммутатор, блок управления и выборки - микросхемы серий 1533 и 1564), ОЗУ1 и ОЗУ2 - микросхемы типа MS6264-20NC фирмы
45 Техас Instrument), решающие элементы (X-Xэ), $(X-Xэ)^2$, сумматоры на микросхемах типа TMS2210 (23 микросхемы), ОЗУ библиотеки эталонов

строится на микросхемах MS62256-20NC, управляющий процессор типа TMS320C10Nh или TMS3220C25FNh.

Декодер может быть реализован на следующих элементах:

- 5 входной регистр, коммутатор, блок формирования и счетчик адреса эталонной памяти, выходной регистр выполняются на микросхемах серий 1553, 1554, 55PT17, ОЗУ библиотеки эталонов - на основе MS62256-20NC, блок формирования изображений на основе микросхем серий 174 и 1118.

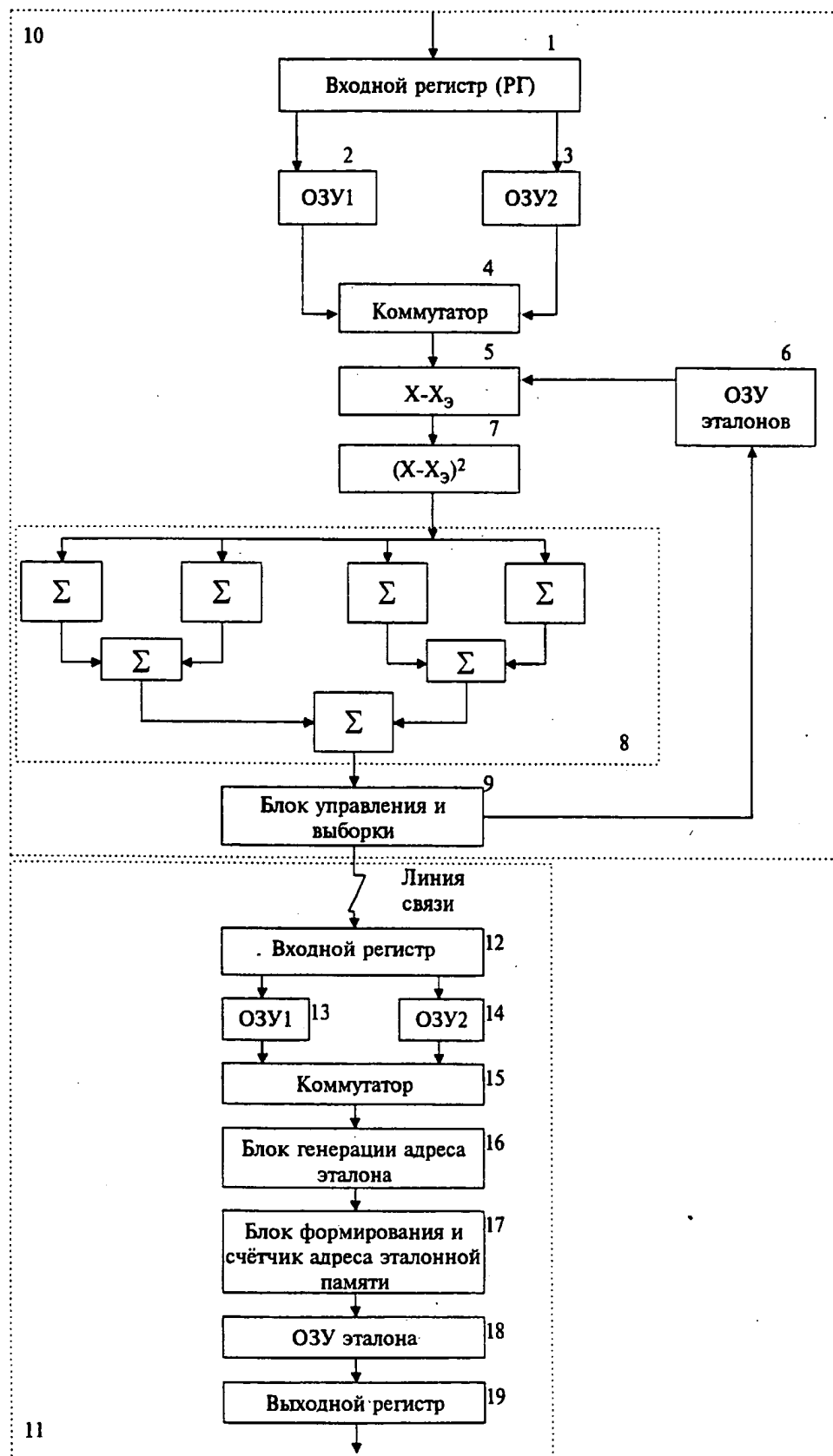
Источники информации

- 10 1. Уинтц Р.А. Кодирование изображений посредством преобразований ТИИЭР, 1972г., т.60 No.7 с.69-81
2. Рауччи Р., Фразер Р. Средство сжатия изображений для работы со сканером. Мир ПК, No.4, 1992г., 053-45
3. Nasrabadi N.M., King R.A. Image Coding Using Vector Quantization. A
15 Review IEEE Trans. on Cjmm 76 vol. 36(8), 1988, pp.81-93
4. Патент США No.5010401 H04N 7/12, 1991. Устройство кодирования-декодирования с использованием векторного квантования.
5. Кун С. Матричные процессоры на СБИС. Пер; с англ; М;Мир. 1991г.
с.672
- 20 6. Kohonen T. Self organization and associative memories. Berlin, Springer, 1984, 255p.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ кодирования-декодирования изображения, состоящий в том, что осуществляют прием цифрового сигнала изображения, разделяют его на блоки, содержащие набор пикселей в каждом блоке, которые описывают вектором, создают квантуемое векторное пространство, в библиотеке находят аналоги эталонов для каждого из блоков изображения, формируют сигнал разности между текущим значением сигнала и соответствующим ему значением из библиотеки эталонов, формируют сигнал квадрата разности между текущим значением сигнала и соответствующим ему значением из библиотеки эталонов, суммируют квадраты разностей для восьми блоков сигнала, полученные суммы квадратов разностей попарно складывают для получения общей суммы, запоминают полученный код блока изображения, при декодировании запомненного блока изображения определяют адрес блока в библиотеке эталонов, считывают этот блок в буферную память с последующим формированием восстановленного изображения, отличающийся тем, что ближайший блок из библиотеки монотонно упорядоченных эталонов, соответствующий каждому блоку изображения, находят путем определения минимального евклидова расстояния, используя полученную общую сумму, при декодировании заменяют многокомпонентный входной вектор изображения однокомпонентным номером эталонного вектора.

2. Устройство кодирования-декодирования изображений, содержащее кодер, включающий регистр выбора входных данных, последовательно соединенные блок оперативной памяти элементов изображения, коммутатор, блок вычитания, квадратор и накопитель, а также блок управления и выборки эталонов, подключенный ко входу оперативной памяти библиотеки эталонов; декодер, включающий входной регистр выборки данных, последовательно соединенные блок генерации адреса эталона, блок формирования и счета адреса эталонной памяти, блок оперативной памяти библиотеки эталонов и выходной регистр, причем выходом кодера является последовательность номеров выбранных блоков из ОЗУ библиотеки эталонов, представляющая собой кодированное изображение, выходом декодера является последовательность цифровых отсчетов, представляющая собой значения яркости восстановленного изображения, отличающееся тем, что в кодере введены два блока оперативной памяти на четыре строки, коммутатор, три накопителя и три сумматора, при этом, входы коммутатора через блоки оперативной памяти на четыре строки подключены к выходам регистра выборки входных данных, а выход подключен ко входу блока вычитания, входы трех накопителей подключены к выходу квадратора, входы одного сумматора подключены к выходам двух накопителей, входы другого сумматора подключены к выходам двух других накопителей, входы третьего сумматора подключены к выходам первых двух сумматоров, а его выход подключен к блоку управления и выборки эталонов, в декодере введены два блока оперативной памяти и коммутатор, входы коммутатора подключены через блоки оперативной памяти к входам выходного регистра выборки, а его выход к входу блока генерации адреса эталонов.



ФИГ. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 96/00243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6: H04N 7/28, 7/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: H04N 7/12, 7/26-7/32, 7/36, 7/40, 7/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 5426463 (RCAETHOMSON LICENSING CORPORATION), 20 June 1995 (20.06.95), the claims	1,2
A,P	US, A, 5450130 (RADIUS INC.) 12 September 1995 (12.09.95), the abstract, the claims, Fig. 2	1,2
A,P	US, A, 5444487 (SONY CORPORATION), 22 August 1995 (22.08.95), columns 1-8 of the description, the claims	1,2
A,P	US, A, 5453791 (NEC CORPORATION), 26 September 1995 (26.09.95), the claims	1,2
A,P	FR, A1, 2720582 (SGS-THOMSON MICROELECTRONICS), 01 December 1995 (01.12.95), the abstract, the claims	1,2
A	EP, A2, 0632656 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA), 04 January 1995 (04.01.95), claim 4	1

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 October 1996 (14.10.96)

Date of mailing of the international search report

30 October 1996 (30.10.96)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 96/00243

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SU, A, 946009 (N.V. BALYASNIKOV et al), 25 July 1982 (25.07.82)	1,2
A	SU, A, 1085015 (RYAZANSKY RADIOTEKHNICHESKY INSTITUT), 07 April 1984 (07.04.84), the claims	1,2

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 96/00243

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:		
H04N 7/28, 7/50		
Согласно международной патентной классификации (МПК-6)		
В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:		
Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-6		
H04N 7/12, 7/26-7/32, 7/36, 7/40, 7/50		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ		
Категория	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US, A, 5426463 (RCAETHOMSON LICENSING CORPORATION), 20 июня 1995 (20.06.95), формула	1,2
A,P	US, A, 5450130 (RADIUS INC.), 12 сентября 1995 (12.09.95), реферат, формула, фиг. 2	1,2
A,P	US, A, 5444487 (SONY CORPORATION), 22 августа 1995 (22.08.95), колонки 1-8 описания, формула	1,2
A,P	US, A, 5453791 (NEC CORPORATION), 26 сентября 1995 (26.09.95),, формула	1,2
A,P	FR, A1, 2720582 (SGS-THOMSON MICROELECTRONICS), 01 декабря 1995 (01.12.95), реферат, формула	1,2
A	EP, A2, 0632656 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA), 04 января 1995 (04.01.95), п. 4 формулы	1
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы С. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "А" документ, определяющий общий уровень техники "Е" более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее "О" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. "Р" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета "Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения "Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень "У" документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории "&" документ, являющийся патентом-аналогом		
Дата действительного завершения международного поиска 14 октября 1996 (14.10.96)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 30 октября 1996 (30.10.96)
Наименование и адрес Международного поискового органа: Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: Г.Князева Телефон №: (095)240-5888

Форма PCT/ISA/210. (второй лист) (июль 1992)

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №

PCT/RU 96/00243

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	SU, A, 946009 (Н.В.БАЛЯСНИКОВ и др.), 25 июля 1982 (25.07.82)	1,2
A	SU, A, 1085015 (РЯЗАНСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ), 07 апреля 1984 (07.04.84), формула	1,2